

机载激光测深试验

朱晓 杨克成 李再光

(华中理工大学激光技术国家重点实验室 武汉 430074)

提要 描述了机载激光测深实验系统的结构及性能指标,报道了机载激光测深实验结果。

关键词 飞机,激光,测量,海水深度

蓝绿激光比其它波长的电磁辐射有较强的海水穿透能力,可以利用它来测量海底地貌。机载激光发射系统对海面进行激光扫描,由海底反射回来的激光信号被机载接收系统探测出来,通过测量水深,从而绘制出海底地貌。国外,自1968年第一个机载激光海底测深系统研制成功后,美国、加拿大、瑞典、澳大利亚等国家一直在进行这方面的研究^[1~4]。

1 机载激光测深实验系统

机载激光测深实验系统可分为5个子系统:调Q倍频YAG激光器、激光发射和接收光学系统、信号检测和处理系统、红外测高触发系统、窄带干涉滤波器。各系统的主要性能指标见表1。激光器输出的激光(含1.06μm和0.53μm两种波长),经准直光学系统、扫描镜射向海水,

表1 机载激光测深实验系统技术指标一览表

Table 1 The main parameters of the airborne laser bathymeter test system

green laser	emitting and receiving optical system	signal test and processing subsystem	IR trigger system	narrow band filter
wavelength; 532.07 nm	rectangle lattice	the dynamic range	IR power; 0.3 MW	band;
wavelength stability; ±0.05 nm	scanning, the whole view field; 0~25°	of compressing signal; 10 ⁵	laser divergence; 4~40 mrad	0.27 nm
pulse width; 10 ns	scanning accuracy; ±1 m	AM bandwidth; 100 MHz	receiving view field; 10~50 mrad	wavelength (41℃);
peak power; 2 MW	collimation system; M = 0.625 × 3.33 ×	sampling rate; 200 MHz	receiving diameter; 50 mm	532.07 nm
repetition rate; 100 Hz		resolution; 8 bit	the effective diameter of the	calibre; 50 mm
power stability; ±5%	field lens diameter; 200 mm	the minimum detectable power; <10 ⁻⁹ W	detector; 2 mm	transmission; 40%
mode;	relative aperture; 1/6	weight; 35 kg	the minimum detecting power; <10 ⁻⁶ W	view field <5°
polarization, TEM ₀₀	instantaneous view field; 50 mrad	volume; 500 × 500 × 500 mm ³		
continuous working time; 1 h				
weight; 15 kg				
volume; 200 × 200 × 600 mm ³				

其中 $1.06 \mu\text{m}$ 激光被海面反射回来,由红外测高系统接收,探测器为雪崩二极管,触发距离选通电路,控制绿光探测器光电倍增管的增益。海底反射的绿光,由绿光光学系统接收,经窄带干涉滤波器滤掉噪声,探测器为门控光电倍增管,这是由于激光测深的信号动态范围一般在 $10^5 \sim 10^6$,为克服海面和后向散射回波的影响,必须采用变增益或门控的探测方法。最后是波形记录、信号处理和显示系统。

2 机载激光测深实验

通过上飞机前的多次船池、船载海上实验,使机载激光测深试验系统的整体性能和抗干扰、抗高温、抗振动的能力都有很大提高。1996年4月23日~5月9日在中国南海亚龙湾海域进行了机载激光测深实验。实验海区的海底地势平坦,水深在 $80 \sim 100 \text{ m}$,实验用飞机是直升机,该直升机可以高低飞行,速度可快可慢,有利于激光测深的研究。飞行实验前,利用船只测量了实验海区的圆盘透明度,圆盘透明度为 $14 \sim 24 \text{ m}$,海水的衰减系数为 $0.2 \sim 0.3 \text{ m}^{-1}$ 。

图2(a)~(f)是一组连续测到的海底回波,图3是将图2的波形放在同一坐标中,加以比较,可以看出海底的起伏。图1是没有海底回波的测量波形。在上述实验结果图中,曲线上

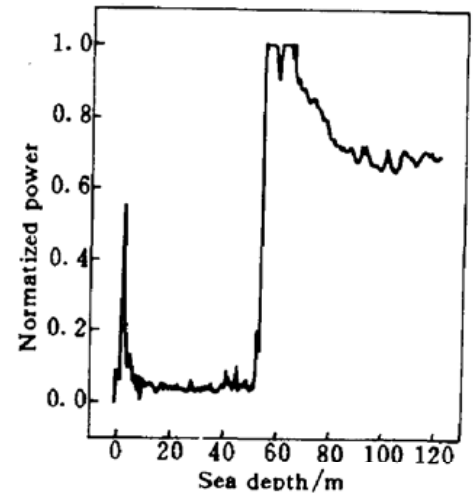


图1 没有海底回波的测量波形
Fig. 1 The waveform of the sea backscattering, without showing an echo from the sea bottom

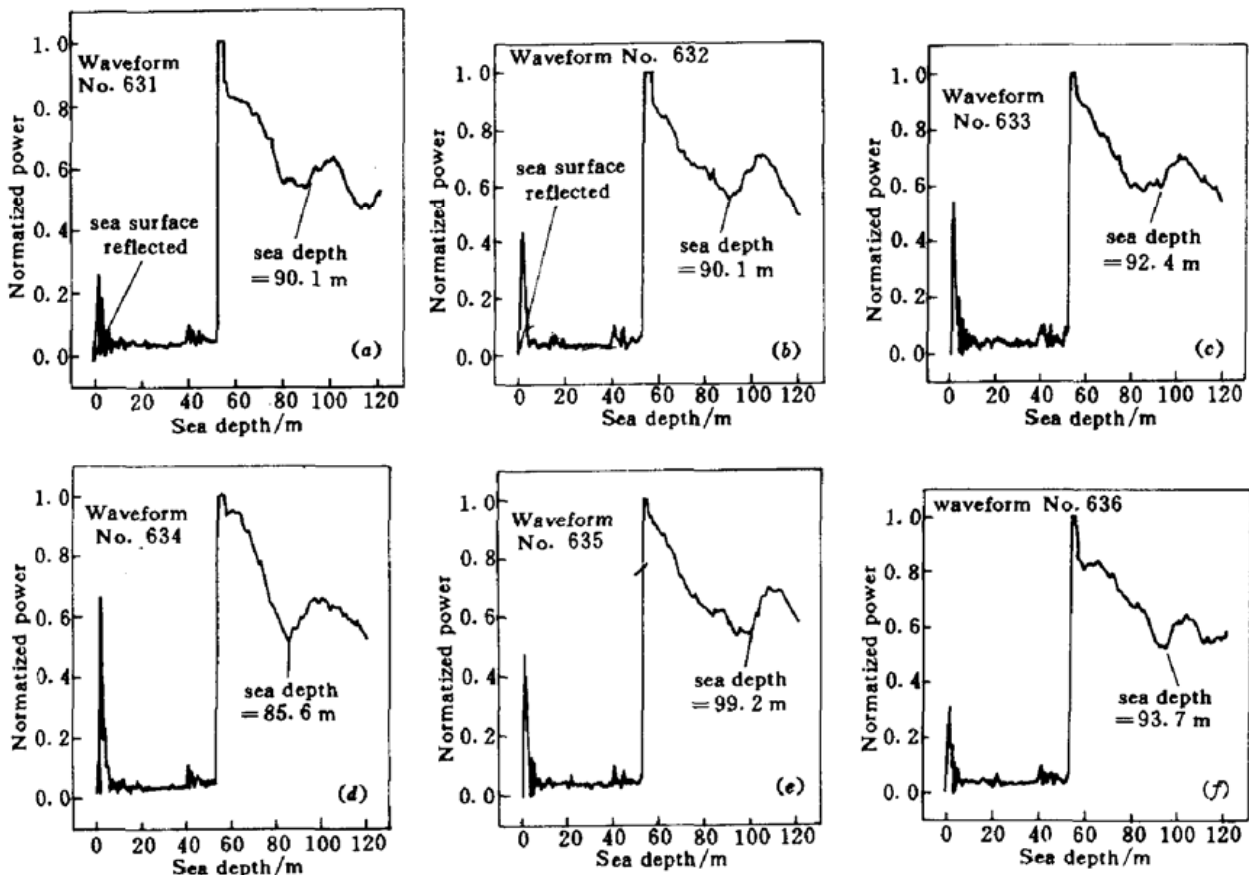


图2 连续测到的6个海底回波波形

Fig. 2 The reflected waveforms from the sea bottom reflected

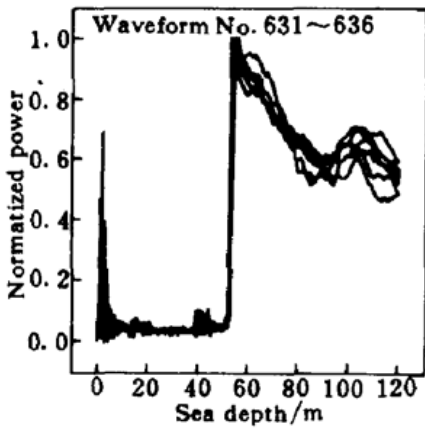


图 3 6 个波形的比较

Fig. 3 comparison of six waveforms

第一个脉冲峰是海面回波,探测系统在水深 50 m 以前处在低增益,因而,曲线上水面峰到水深 50 m 是一条直线,当激光脉冲传输到水下 50 m 时,绿光探测器光电倍增管处在高增益,曲线在 50 m 处幅度增加,随后是探测到的水深 50 m 后的海水后向散射及海底回波信号。

获得上述波形的机载激光测深系统参数为:飞机高为 150 m,飞行速度 200 km/h(55 m/s),激光重复频率为 100 Hz。因而,上述 5 个深度的海底直线距离为 $5 \div 100 \times 55 = 2.75$ (m)。从海底 6 个点的深度比较,可知,此 2.75 m 长的海底,深度都在 100 m 以内(以海底回波上升沿的起点计算),且海底有一定的起伏。

3 小 结

(1) 机载激光测深实验说明利用激光可以测量近岸海水的深度,在此次机载激光测深试验中探测到水下 90 m 的海底回波信号。

(2) 通过机载激光测深试验,进一步了解了机载激光测深系统需解决的关键技术。

(3) 初步掌握了黄昏和黑夜、云层、飞机高度、光束发散角、探测器灵敏度等对探测能力的影响及机载激光测深回波的信号特性、海水后向散射及噪声特性。为进一步研究机载激光测量海底地貌系统打下了良好的基础。

参 考 文 献

- 1 Gary C. Guenther, Lowell R. Goodman. Laser applications for near shore nautical charting. *SPIE, Ocean Optics V*, 1978, 160: 174~183
- 2 Gary C. Guenther, Paul E. LaRocque, W. Jeff Lillycrop. Multiple surface channels in SHOALS airborne lidar. *SPIE, Ocean Optics XII 1994*, 2258: 422~430
- 3 Ove Steinvall, Kurt Koppari, Ulf Karlsson. Airborne laser depth sounding system aspects and performance. *SPIE, Ocean Optics XII 1994*, 2258: 392~412
- 4 M. F. Penny, R. H. Abbot, D. M. Phillips *et al.*. Airborne laser hydrography in Australia. *Appl. Opt.*, 1986, 25(13): 2046~2058

The Experiment of Airborne Laser Bathymeter

Zhu Xiao Yang Kecheng Li Zaiguang

(National Laboratory of Laser Technology, H. U. S. T., Wuhan 430074)

Abstract An experimental airborne laser bathymeter has been developed and a field trial has been conducted. The Q-switched and frequency-doubled Nd:YAG laser output is of 100 Hz pulse repetition rate, 2 MW peak power, and 8 ns pulse width. The green light receiving telescope is transmissive with a 1400 mm focal length and 200 mm aperture. The varying-gain control of the PMT and logarithmic amplifier are used to compress the 10^5 dynamic range of received signals. The system was installed in a helicopter. The experimental results are described in the paper.

Key words airborne, laser, measurement, sea depth